

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000068227 A

(43) Date of publication of application: 03 . 03 . 00

(51) Int. Cl

H01L 21/265
C23C 14/48

(21) Application number: 10253246

(71) Applicant: NISSIN ELECTRIC CO LTD

(22) Date of filing: 24 . 08 . 98

(72) Inventor: MIYAKE KOJI
HAYASHI TSUKASA

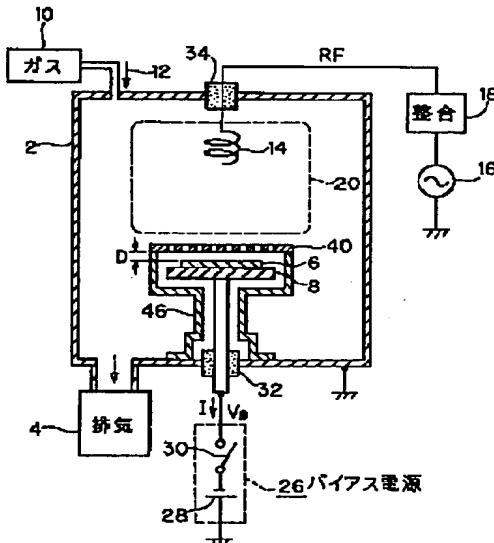
(54) METHOD FOR PROCESSING SURFACE AND
DEVICE THEREOF

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve uniformity of irradiation ion energy to an object to be processed, to increase ion irradiation amounts, and to increase the upper limit of the irradiation ion energy by suppressing the spread of an ion sheath formed between a plasma and the object to be processed.

SOLUTION: This device is provided with a porous electrode 40, arranged so as to face the processing face of an object 6 to be processed with an interval (a distance D) in between, and this porous electrode 40 is fixed through an electrode supporting body 46 to a ground potential. The porous electrode 40 can be provided with plural small holes, and plural metal thin wires can be arranged as mesh-like or interdigital wanner. A negative pulse-shaped bias voltage VB is impressed from a bias power source 26 to the object 6 to be processed, which is supported by the supporting body 8.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



文南大

〔生技〕生技C(生産S技術開発 岡本直子

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-68227

(P2000-68227A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)IntCl.
H 01 L 21/265
C 23 C 14/48

識別記号

F I
H 01 L 21/265
C 23 C 14/48

マーク(参考)
F 4 K 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数15 FD (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-253246

(22)出願日 平成10年8月24日(1998.8.24)

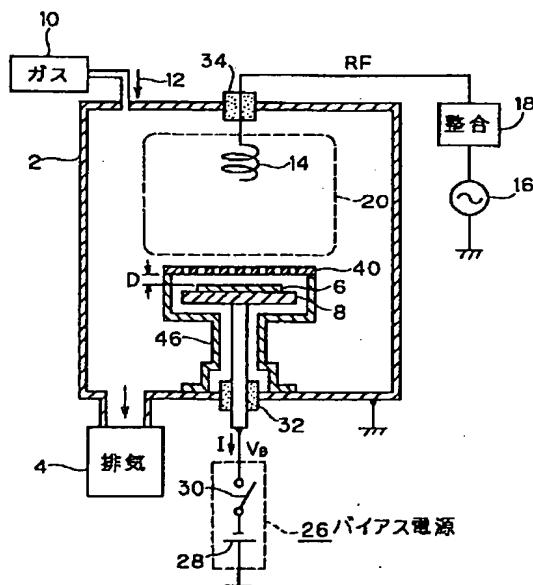
(71)出願人 000003942
日新電機株式会社
京都府京都市右京区梅津高畠町47番地
(72)発明者 三宅 浩二
京都府京都市右京区梅津高畠町47番地 日
新電機株式会社内
(72)発明者 林 司
京都府京都市右京区梅津高畠町47番地 日
新電機株式会社内
(74)代理人 100088661
弁理士 山本 恵二
Fターム(参考) 4K029 CA10 CA13 DA02 DA04 DA10
DE00 EA06

(54)【発明の名称】 表面処理方法および装置

(57)【要約】

【課題】 プラズマと被処理物との間に形成されるイオシースの広がりを抑制することによって、被処理物に対する照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大を可能にする。

【解決手段】 被処理物6の処理面に間隔(D)をあけて対向するように配置された多孔電極40を設けた。この多孔電極40は、電極支持体46を介して接地電位に固定されている。多孔電極40は、多数の小孔を有するものでも良いし、多数の金属細線をメッシュ状またはすだれ状に配置したものでも良い。支持体8に支持された被処理物6には、バイアス電源26から負のパルス状のバイアス電圧V_Bが印加される。



6:被処理物
20:プラズマ
40:多孔電極

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器内において被処理物の近傍にプラズマを生成し、かつ被処理物にバイアス電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンを被処理物に入射させる表面処理方法において、前記被処理物の処理面に間隔をあけて対向していて接地電位または正電位に電位の固定された多孔電極を設けておき、かつ前記被処理物にパルス状または直流のバイアス電圧を印加することを特徴とする表面処理方法。

【請求項2】 前記被処理物に負のパルス状のバイアス電圧を印加する請求項1記載の表面処理方法。

【請求項3】 前記プラズマ生成を周期的にオンオフし、かつこのオンオフに同期して、しかもオン時点から $10\text{ }\mu\text{sec}$ 後～ $500\text{ }\mu\text{sec}$ 後の期間内に、前記被処理物に負のパルス状のバイアス電圧を印加する請求項2記載の表面処理方法。

【請求項4】 前記プラズマ生成を周期的にオンオフし、かつこのオンオフに同期して、しかもオフ時点から $10\text{ }\mu\text{sec}$ 後～ 1 msec 後の期間内に、前記被処理物に正のパルス状のバイアス電圧を印加する請求項1記載の表面処理方法。

【請求項5】 前記多孔電極の被処理物とは反対側に第2多孔電極を前記多孔電極から離して設け、かつこの第2多孔電極に電流を流して当該第2多孔電極の面内で0ガウスより大かつ 100 ガウス以下の磁場を形成する請求項4記載の表面処理方法。

【請求項6】 前記多孔電極の被処理物とは反対側に第2多孔電極を前記多孔電極から離して設け、この第2多孔電極の電位を 0 V ～ -50 V または浮遊電位にする請求項4記載の表面処理方法。

【請求項7】 真空容器と、この真空容器内を真空排気する真空排気装置と、前記真空容器内に設けられていて被処理物を支持する支持体と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給手段と、このガスを電離させて前記支持体に支持された被処理物の近傍にプラズマを生成するプラズマ生成手段と、前記支持体に支持された被処理物にバイアス電圧を印加するバイアス電源とを備える表面処理装置において、前記被処理物の処理面に間隔をあけて対向していて接地電位または正電位に電位の固定された多孔電極を備えており、かつ前記バイアス電源は、前記支持体に支持された被処理物にパルス状または直流のバイアス電圧を印加するものであることを特徴とする表面処理装置。

【請求項8】 前記バイアス電源は、前記支持体に支持された被処理物に負のパルス状のバイアス電圧を印加するものである請求項7記載の表面処理装置。

【請求項9】 前記プラズマ生成手段によるプラズマ生成を周期的にオンオフさせるスイッチング手段と、このスイッチング手段によるオンオフに同期して、しかもオン時点から $10\text{ }\mu\text{sec}$ 後～ $500\text{ }\mu\text{sec}$ 後の期間内

に、前記バイアス電源から前記負のパルス状のバイアス電圧を出力させるタイミング制御手段とを更に備える請求項8記載の表面処理装置。

【請求項10】 前記バイアス電源を、前記支持体に支持された被処理物に正のパルス状のバイアス電圧を印加するものとしており、かつ前記プラズマ生成手段によるプラズマ生成を周期的にオンオフさせるスイッチング手段と、このスイッチング手段によるオンオフに同期して、しかもオフ時点から $10\text{ }\mu\text{sec}$ 後～ 1 msec 後の期間内に、前記バイアス電源から前記正のパルス状のバイアス電圧を出力させるタイミング制御手段とを更に備える請求項7記載の表面処理装置。

【請求項11】 前記多孔電極の被処理物とは反対側に前記多孔電極から離して設けられた第2多孔電極と、この第2多孔電極に電流を流して当該第2多孔電極の面内で0ガウスより大かつ 100 ガウス以下の磁場を形成する直流電源とを更に備える請求項10記載の表面処理装置。

【請求項12】 前記多孔電極の被処理物とは反対側に前記多孔電極から離して設けられた第2多孔電極と、この第2多孔電極の電位を 0 V ～ -50 V にバイアスする直流電源とを更に備える請求項10記載の表面処理装置。

【請求項13】 前記多孔電極の被処理物とは反対側に前記多孔電極から離して設けられた浮遊電位の第2多孔電極を更に備える請求項10記載の表面処理装置。

【請求項14】 前記支持体の被処理物支持部を除く部分を当該支持体との間に間隔をあけて覆う接地電位の導電性の遮蔽容器を更に備える請求項7ないし13のいずれかに記載の表面処理装置。

【請求項15】 前記遮蔽容器内を局所排気する真空排気手段を更に備える請求項14記載の表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、被処理物の近傍にプラズマを生成し、かつ被処理物に例えば負パルス状等のバイアス電圧を印加することによって、プラズマ中のイオンを被処理物に照射して、被処理物にイオン注入、表面改質、エッティング等の処理を施す表面処理方法および装置に関し、より具体的には、プラズマと被処理物との間に形成されるイオンシースの広がりを抑制して、被処理物に入射するイオンのエネルギーの均一性、イオン照射量等を改善する手段に関する。

【0002】

【従来の技術】被処理物にイオンを照射して被処理物を処理する技術の一つに、プラズマイマージョン(Plasma Immersion Ion Implantation:PIII)法またはプラズマソースイオン注入(Plasma Source Ion Implantation:PSII)法と呼ばれるものがある。この方法による表面処理装置の一例を図16に示す。

(3)

【0003】この図16の表面処理装置は、真空排気装置4によって真空に排気される真空容器2と、この真空容器2内に設けられていて被処理物6を支持する導電性の支持体8と、真空容器2内にプラズマ生成用のガス12を供給するガス供給部10と、このガス12を真空容器2内で電離させて支持体8上の被処理物6の近傍にプラズマ20を生成するプラズマ生成手段と、支持体8上の被処理物6に負のパルス状のバイアス電圧VBを印加するバイアス電源26とを備えている。真空容器2は接地されている。3.2および3.4は絶縁物である。

【0004】プラズマ生成手段は、この例では、真空容器2内に設けた高周波コイル14に高周波電源16から整合回路18を介して高周波電力RFを供給して、高周波コイル14の周辺部における高周波放電によってガス12を電離させることによって、上記プラズマ20を定常に(連続的に)生成する構成をしている。高周波電源16からは、例えば13.56MHzの周波数の正弦波状の高周波電力RFが outputされる。

【0005】プラズマ20を生成した状態で、バイアス電源26から被処理物6に負のパルス状のバイアス電圧VBを印加すると、プラズマ20中の正イオンが被処理物6に向けて加速されて被処理物6に照射される。これによって、被処理物6の表面(この明細書においては表層部を含む。)に、イオン注入、表面改質等の処理を施すことができる。

【0006】上記のような表面処理方法または装置は、次のような長所を有している。

【0007】①プラズマ20中のイオンを、イオン源等を用いずにそのまま被処理物6に入射させるため、単位時間当たりのイオン照射量が比較的高い。

【0008】②被処理物6に多方向からイオンを入射させることができるので、複雑な3次元形状をした被処理物6に対しても、比較的均一にイオンを照射して比較的均一に処理を施すことができる。

【0009】③イオン源、それ用の各種電源等が不要なので、装置構成が簡単で安価である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記表面処理方法または装置には、次のような課題がある。

【0011】①被処理物6に入射するイオンのエネルギーの幅が広い。即ち、イオンエネルギーの均一性が悪い。

【0012】②被処理物6に対するイオン照射量をより高めたいという要望があるけれども、それを簡単に高めることができない。

【0013】③被処理物6に照射することのできるイオンエネルギーの上限があまり高くない。即ち、被処理物6にあまり高エネルギーのイオン照射は困難である。

【0014】上記課題を図17および図18を参照して詳述する。図18Aは、バイアス電源26から出力する

負のパルス状のバイアス電圧VBの波形の一例を示したものであり、現実的には完全な方形波ではなく、この例のように立上り時間trおよび立下り時間tdが存在する。

【0015】被処理物6に上記バイアス電圧VBが印加される前は、プラズマ20と被処理物6との間にイオンシース22は形成されていない(図17A参照)。

【0016】被処理物6に上記バイアス電圧VBが印加されると、その電界によって質量の小さい電子は被処理物6の周囲から急激に弾き飛ばされ、プラズマ20と被処理物6との間のイオンシース22が急速に広がる(図17B参照)。換言すれば、プラズマ20とイオンシース22との境界面であるイオンシース面22aが急速に被処理物6から遠ざかる。この間に、イオンシース22に残された正イオン24aがまず被処理物6に入射し、被処理物6に急激に電流Iが流れ始める(図18B中のa参照)。しかし、バイアス電源26からのバイアス電圧VBはプラズマ20と被処理物6との間に印加されるため、イオンシース22では電位勾配が生じており、従ってイオンシース22内に残存する正イオン24aに印加される電圧は、バイアス電圧VBよりも低い。勿論この間にも、プラズマ20から正イオン24bが正規のバイアス電圧VBで加速されて被処理物6に入射する。しかも、実際のバイアス電圧VBは図18Aに示すように有限の立上り時間tr(例えば5μsec程度)があるため、この間に被処理物6に入射するイオンのエネルギーは、バイアス電圧VBの定常値VBmに相当するものよりも低い。上記のような理由から、立上り時間tr程度の時間内に被処理物6に入射するイオンのエネルギーは、定常値VBmに相当するものよりも低く、しかも不揃いである。これが上記①に示した、イオンのエネルギーの幅が広いという課題の理由である。イオンのエネルギーの幅が広いと、例えば、イオンの注入深さが不揃いになる。これは、特に半導体への不純物注入には不都合である。

【0017】バイアス電圧VBが定常値VBmに達する程度の時間が経過すると、イオンシース22の広がり速度は弱まるけれども、なお広がり続ける(図17C参照)。この間も、イオンシース22内に残存する正イオン24aは不揃いのエネルギーで被処理物6に入射するけれどもそれはかなり減少しており、被処理物6に流れ電流Iの大部分は、プラズマ20から正規の(即ち定常値VBmに相当する)エネルギーで加速される正イオン24bによるものである。

【0018】プラズマから引き出すことのできるイオン電流は、一般的にチャイルド・ラングミュアの式と呼ばれる次の空間電荷制限電流Jで表される。ここで、Vpは印加電圧、qはイオンの電荷量、sは被処理物とプラズマ端面(イオンシース面)間の距離、mはイオンの質量、ε0は真空の誘電率である。

(4)

【0019】

$$【数1】 J = (4/9) \cdot \epsilon_0 \cdot (2q/m)^{1/2} \cdot V_p^{3/2} / s^2$$

【0020】即ち、イオンシース22が上記のように広がるにつれて、その距離sの2乗に反比例して、プラズマ20から引き出される正イオン24bの量が減衰するため、図18B中のbに示すように、被処理物6に流れる電流Iは急激に減衰する。即ち、被処理物6に入射するイオンの量は急激に減衰する。これが上記②に示した、イオン照射量を高めることができないという課題の一因を成している。

【0021】仮にバイアス電圧V_Bの定常値V_{BM}=100kVとすると、プラズマ密度にもよるけれども、バイアス電圧V_B印加時点から例えば10μsec後には、イオンシース面22aは被処理物6から5cm以上遠ざかる。バイアス電圧V_Bはプラズマ20と被処理物6との間に印加されているが、ここで異常放電の問題が起る。この異常放電が起こる電圧Vは、バッシンの法則によって次式で表される。ここで、pは圧力、γは被処理物6からの二次電子放出係数、λは圧力1Torrにおける電子の平均自由行程、uは導入ガスのイオン化ボテンシャル、A=1/λ、B=u/λ、dは電界が形成されている距離である。

【0022】

$$【数2】 V = B p d / [\ln(p d) + \ln(A/1n(1+1/\gamma))]$$

【0023】上記数2から、例えば窒素ガス中では2電極間の距離dとガス圧力pとの積pdが 2×10^{-2} Torr·cm以上では、2電極間に100kVの電圧が印加されると、2電極間で異常放電（具体的にはアーク放電）が生じることになる。つまり、バイアス電圧V_Bの定常値V_{BM}を100kVとし、4mTorrの窒素ガス圧とすると、イオンシース面22aが被処理物6から5cm以上離れると、イオンシース22でパルス的な異常放電が生じ、正常なイオン照射が困難になる。甚だしい場合には、持続放電となり、バイアス電源26等を破損することになる。

【0024】上記バッシンの法則は、基本的には真空中での法則であり、上記イオンシース22では、被処理物6からの二次電子が大量に、しかもプラズマ20に向けて加速されながら存在しているので、より異常放電が生じやすい状況になる。

【0025】このように、従来技術では、イオンシース面22aが移動して（即ちイオンシース22の幅sが広がって）異常放電が生じやすくなるため、被処理物6に印加するバイアス電圧V_Bの大きさ（定常値V_{BM}）およびパルス幅Wをあまり大きくすることができない。バイアス電圧V_Bの大きさをあまり大きくできないことが、上記③に示した、高エネルギーのイオン照射が困難であるという課題の理由である。パルス幅Wをあまり大きく

できないのは、その間にイオンシース22が広がり続けるからであり、これが上記②に示した、イオン照射量を高めることができないという課題の他の要因を成している。例えば、従来の装置では、典型的には、定常値V_{BM}が100kV程度、パルス幅Wが10μsec程度が限度である。

【0026】このように、プラズマと被処理物との間に形成されるイオンシースの広がりの大きいことが、上記①～③に示した課題の主な理由である。

【0027】そこでこの発明は、プラズマと被処理物との間に形成されるイオンシースの広がりを抑制することによって、被処理物に対する照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大を可能にすることを主たる目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】この発明に係る表面処理方法の一つは、前記被処理物の処理面に間隔をあけて対向していて接地電位または正電位に電位の固定された多孔電極を設けておき、かつ前記被処理物にパルス状または直流のバイアス電圧を印加することを特徴としている（請求項1）。

【0029】この発明に係る表面処理装置の一つは、前記被処理物の処理面に間隔をあけて対向していて接地電位または正電位に電位の固定された多孔電極を備えており、かつ前記バイアス電源は、前記支持体に支持された被処理物にパルス状または直流のバイアス電圧を印加することを特徴としている（請求項7）。

【0030】上記構成によれば、被処理物にバイアス電圧が印加されていない状態では、プラズマは多孔電極の開口部を通して被処理物の近傍にまで存在している。

【0031】被処理物に例えば負のパルス状のバイアス電圧を印加すると、その電界がプラズマに及んでプラズマ中の電子が被処理物の周囲から弾き飛ばされて、プラズマと被処理物との間にイオンシースが形成され、しかもこのイオンシースは急激に広がるけれども、イオンシース面が多孔電極の位置まで来ると、今度は電界が被処理物と多孔電極との間に印加されるようになって、プラズマ中の電子を弾き飛ばす作用はなくなるので、イオンシースの広がりは止まる。この状態では、プラズマから、多孔電極の開口部を通して、イオンが引き出され、それが被処理物に照射される。この照射イオンのエネルギーは、被処理物に印加されるバイアス電圧の大きさにほぼ対応している。

【0032】このように、多孔電極によってイオンシースの広がりを抑制することができるので、被処理物に対する照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大が可能になる。

【0033】

(5)

【発明の実施の形態】図1は、この発明に係る表面処理装置の一例を示す断面図である。図1の従来例と同一または相当する部分には同一符号を付し、以下においては当該従来例との相違点を主に説明する。

【0034】この実施例の表面処理装置は、前述した被処理物6の処理面（例えば上面）に間隔（距離D）をあけて対向するように配置された多孔電極40を備えている。この多孔電極40は、この例では、導電性（例えば金属製）の電極支持体46の上部に取り付けられており、この電極支持体46を介して接地電位に固定されている。電極支持体46は、接地された真空容器2に取り付けられていて接地電位にある。

【0035】多孔電極40は、この例のように接地電位に固定するのが、電源が不要なので好ましいけれども、要は電位が固定されれば良いので、一定の正電位に固定しても良い。但し、多孔電極40を負電位に固定すると、それにプラズマ20中の正イオンが引き込まれてスパッタリングによって多孔電極40からスパッタ粒子が叩き出されるので、負電位に固定するのは好ましくない。

【0036】多孔電極40は、例えば、図2に示す例のように多数の小孔42を有するものでも良いし、図3に示す例のように多数の例えれば直径が1mm以下の金属細線44を格子状に（メッシュ状に）配置したものでも良いし、図4に示す例のように多数の例えれば直径が1mm以下の金属細線44を互いに平行に（すだれ状に）配置したものでも良い。要は、導電部材間に多数の開口部を有しておれば良い。

【0037】前述したバイアス電源26は、この例では、負の直流電圧を出力する直流電源28と、この直流電源28から出力される直流電圧を断続して負のパルス状のバイアス電圧VBを出力するスイッチ30とを備えている。

【0038】上記表面処理装置において、真空容器2内に前述したようにしてプラズマ20を生成したとき、被処理物6にバイアス電圧VBが印加されていない状態では、プラズマ20は多孔電極40の開口部を通して被処理物6の近傍にまで拡散して存在している。

【0039】被処理物6に、例えばこの例のように負のパルス状のバイアス電圧VBを印加すると、前述したように、その電界がプラズマ20に及んでプラズマ20中の電子が被処理物6の周囲から弾き飛ばされて、プラズマ20と被処理物6との間にイオンシース22（図5参照）が形成され、しかもこのイオンシース22は急激に広がるけれども、図5に示すように、イオンシース面22aが多孔電極40の位置まで来ると、今度は電界は被処理物6と多孔電極40との間に印加されるようになって、プラズマ20中の電子を弾き飛ばす作用はなくなるので、イオンシース22の広がりは止まる。この状態では、プラズマ20から、多孔電極40の開口部を通して

て、正イオン24が引き出され、それが被処理物6に照射される。この多孔電極40を通して引き出されて被処理物6に照射される正イオン24は、被処理物6と多孔電極40との間に印加されるバイアス電圧VBによって加速されるので、この照射イオン24のエネルギーは、被処理物6に印加されるバイアス電圧VBの大きさにほぼ対応している。即ちほぼVB [eV] になる。

【0040】このように、多孔電極40によってイオンシース22の広がり（即ちイオンシース面22aの移動）を抑制することができるので、①被処理物6に対する照射イオンエネルギーの均一性の向上、②イオン照射量の増大および③照射イオンエネルギーの上限の拡大が可能になる。

【0041】これを詳述すると、イオンシース22の広がりを抑制することによって、イオンシース22のボリューム（体積）を従来例に比べて小さく抑えることができる、その分、イオンシース22内に残存していくバイアス電圧VBよりも小さい加速エネルギーで加速されて被処理物6に入射するイオン（図17に示した正イオン24a参照）の量を少なくすることができる。その分、被処理物6に入射するイオンのエネルギーの不揃いを少なくすることができる。これが、被処理物6に対する照射イオンエネルギーの均一性を向上させることができる理由の一つである。

【0042】例えば、従来例ではイオンシース22の幅は5cm～10cm程度にまで広がっていたけれども、この例では多孔電極40と被処理物6との間の距離Dを1cm～2cm程度にすることができる、そのようにすると、イオンシース22のボリュームは従来例に比べて非常に小さくなるので、バイアス電圧VB以下のエネルギーで被処理物6に入射するイオンを非常に少なくすることができます。

【0043】また、イオンシース22の広がりを抑制することによって、上記数1中の距離sの増大を防止することができるので、空間電荷制限電流Jの低下を防止することができ、従って図6B中のbに示すように、被処理物6に流れる電流Iの減衰を抑制することができる。被処理物6に対するイオン照射量は、この電流Iと時間との積（即ち図6B中または図18B中のカーブで囲まれた領域の面積S）に比例しており、この実施例によればこの面積Sが従来例（図18B参照）に比べて増大するので、被処理物6に対するイオン照射量を簡単に増大させることができる。

【0044】しかもこのように面積Sが増大すると、バイアス電圧VBの立上り時間tr中に低いエネルギーで被処理物6に照射されるイオンの量（図6B中および図18B中の面積Sr）が相対的に減ることになるので、即ち被処理物6に照射されるイオン中に占めるエネルギー不揃いイオンの量が減るので、この理由からも、被処理物6に対する照射イオンエネルギーの均一性が向上す

(6)

る。

【0045】更に、イオンシース22の広がりを抑制することによって、上記数2中の距離dの増大を防止する(即ち前記距離Dで止める)ことができるので、異常放電が起る電圧Vを高めることができる。その結果、被処理物6に印加するバイアス電圧VBの定常値VBmを従来例よりも大きくして、被処理物6により高エネルギーのイオン照射が可能になる。即ち照射イオンエネルギーの上限を拡大することができ、100keV以上の高エネルギーのイオン照射も可能になる。

【0046】また、イオンシース22の広がりを抑制することによって、上記数2中の距離dを一定に止める(即ち前記距離Dで止める)ことができるので、異常放電防止の必要上から来るバイアス電圧VBの印加時間の制限は、従来例と違って無くなる。即ち、バイアス電圧VBのパルス幅Wの上限が無くなり、パルス幅Wを長くすることができる。この理由からも、図6からも分かるように、被処理物6に対するイオン照射量を簡単に増大させることができる。しかも、パルス幅Wを長くすると、前述した低エネルギーイオン照射の行われる面積Srの相対的な割合が更に減るので、被処理物6に照射されるイオン中に占めるエネルギー不揃いイオンの量が減り、照射イオンエネルギーの均一性が更に向う。

【0047】バイアス電圧VBのパルス幅Wは、上記のように異常放電防止の観点からは制限がないので、被処理物6、支持体8および多孔電極40の熱許容範囲内であれば、極端に長くすることも可能であり、バイアス電圧VBとして直流電圧を印加することも可能である。

【0048】また、従来例では前述したようにイオンシース22の広がりが5~10cm程度にもなるため、被処理物6の周囲にこれ以上の空間を設けておく必要があり、その分、真空容器2が大型化して装置の占有面積が大きいという課題もあったけれども、この発明では前述したようにイオンシース22の広がりを多孔電極40で抑制することができるので、被処理物6の周囲に従来例ほどの空間を設けておく必要はなく、その分、装置の占有面積を小さくすることができる。

【0049】なお、当然のことながら、被処理物6と多孔電極40との間の上記距離Dは、上記数2に示したパラシエンの法則から導き出される距離以下として、多孔電極40と被処理物6との間で異常放電が起らぬるようにしておく。即ち、上記距離Dは次式で決定される値以下にしておく。

【0050】

$$[数3] V [1n(pD) + 1n(A/1n(1+1/\gamma))] = BpD$$

【0051】但し、この距離Dがあまり小さくて多孔電極40が被処理物6に近づき過ぎると、多孔電極40の陰になってイオンが殆ど照射されない領域が被処理物6上に生じるので好ましくない。これは、多孔電極40を

前述した金属細線44で構成することによってかなり防止することができる。例えば、直径が0.5mm程度以下の金属細線44で多孔電極40を形成し、それを被処理物6から1cm~2cm程度の距離Dの位置に配置するのが好ましく、そのようにすれば、上記陰の問題は無視し得る程度になる。

【0052】多孔電極40は、プラズマ20に曝されており、このプラズマ20からの熱によって多孔電極40の歪みが問題になる場合は、例えば、多孔電極40の周縁部を水冷等によって冷却したり、被処理物6にバイアス電圧VBを印加しないときはプラズマ20の生成を停止する等の、多孔電極40に対する熱入力を軽減する手段を講じるのが好ましい。後述するプラズマ生成をオンオフする実施例(図7等参照)は、多孔電極40に対するプラズマ20からの熱入力を軽減する効果も奏する。

【0053】上記多孔電極40や電極支持体46は、接地電位(または正電位)に維持され、プラズマ20からの加速イオンの入射によるスパッタは受けないので、不純物を発生する要因ではないが、ごく微量の不純物発生でも問題になる場合は、上記多孔電極40および/または電極支持体46を、被処理物6に混入しても問題のない物質で構成するか、またはそのような物質で被覆しておくのが好ましい。被処理物6に入射しても問題のない物質とは、より具体的には被処理物6と同系の物質である。例えば、被処理物6がシリコン基板の場合は、シリコンまたはシリコン系の物質である。

【0054】不純物発生要因になるのは、むしろ、負のバイアス電圧VBを印加する場合の支持体8であり、その場合は、上記と同様、この支持体8を被処理物6に混入しても問題のない物質、より具体的には被処理物6と同系の物質で構成するかまたは被覆しておくのが好ましい。

【0055】被処理物6は、例えば半導体基板等の平板状の基板であり、その場合は多孔電極40も平板状で良い。被処理物6が3次元形状をしている場合は、多孔電極40をこの被処理物6の形状に沿う形状にすれば良い。そのようにすれば、3次元形状の被処理物6に対しても、前述した種々の効果を奏するイオン照射を行うことができる。

【0056】上記図1に示した実施例の装置や方法の好適な用途の一つに半導体基板への不純物注入がある。半導体装置分野では年々微細化が進み、近い将来、50nm以下のごく浅い領域に不純物をドーピング(注入)することが求められる。このためには1keV程度以下の低エネルギーでイオンを注入しなければならないが、従来のイオン源を用いたイオン注入装置では、引出し電圧の低下に起因するビーム電流の低下(簡単に言えば、ビーム電流は引出し電圧の3/2乗に比例する)とビーム発散の増大とによってビーム電流が低下し、十分なスループットが得られない。

(7)

【0057】これに対して、図16に示した従来のプラズマイマージョン法による表面処理装置によれば、上記のような低エネルギーイオン注入の場合でも比較的高いスループットを得ることができる。更に図1に示した実施例の装置や方法によれば、上記のような低エネルギーイオン注入の場合でも、前述したようにイオン照射量を簡単に増大させることができるので、スループットを簡単に更に高めることができる。しかも、前述したように照射イオンエネルギーの均一性が良いので、注入深さの制御性にも優れている。

【0058】次に、他の実施例を説明する。但し、以下においては、上記実施例との相違点、または各実施例間の相違点を主体に説明する。

【0059】図7の実施例は、図1の実施例を更に発展させて、プラズマ生成をオンオフすると共に、オン期間中に負のパルス状のバイアス電圧 V_B を被処理物6に印加するものである。

【0060】即ち、この実施例では、上記プラズマ生成手段によるプラズマ20の生成を周期的にオンオフ(断続)させるスイッチング手段として、この例では、高周波電源16に直列にスイッチ48を挿入しており、このスイッチ48によって、支持体8と高周波コイル14との間に供給する高周波電力RFをオンオフしてプラズマ生成をオンオフするようにしている。

【0061】更に、上記スイッチ48およびバイアス電源26内のスイッチ30を、互いに同期させて、しかもスイッチ48のオン時点から所定の期間内にスイッチ30がオンするというタイミング(時間差)で、周期的にオンオフさせるタイミング制御回路50を設けている。

【0062】図7の実施例における高周波電力RF、プラズマ20からの発光強度 I_P 、プラズマ密度 N_P およびバイアス電圧 V_B の時間変化の一例を図8に示す。高周波電力RFのオン直後に発光強度 I_P およびプラズマ密度 N_P は急激に上昇し、時間 t_3 経過後に定常状態に移行する。プラズマ密度 N_P は、高周波電力RFのオン時点から時間 t_1 後に定常状態の値以上になり、時間 t_2 後に最大値に達する。 t_1 は約5~10μsec、 t_2 は約100~200μsec、 t_3 は約500μsec~1msecである。

【0063】従って、スイッチ48のオン時点からスイッチ30のオン時点までの時間 t_4 を、 $t_1 \leq t_4 \leq t_3$ とすることによって、具体的には t_4 を好ましくは5μsec~1msec、より好ましくは10μsec~500μsecにすることによって、定常プラズマよりも高密度のプラズマ20からイオンを引き出してそれを被処理物6に照射することができるので、被処理物6に対するイオン照射量を簡単に増大させることができる。例えば、他の条件を同じにした場合、図1の実施例よりもイオン照射量を10~30%程度増大させることができる。

【0064】なお、高周波電力RFをオンオフしてプラズマ生成をオンオフする周波数およびバイアス電圧 V_B をオンオフする周波数(共に図8では $1/T$)は、あまり高いとオフ期間中にプラズマ20が消滅しきれず、図8で説明したプラズマ生成に伴う発光強度 I_P の急上昇およびプラズマ密度 N_P の上昇が得られず、実験結果から、100kHzが上限である。また、上記周波数があまり低いと生産性が極端に低下するので、10Hz以上が適当である。即ち、上記周波数は、10Hz~100kHzの範囲内が好ましく、100Hz~1kHzの範囲内がより好ましい。

【0065】図9の実施例は、図7の実施例を更に発展させて、CVD(化学気相成長)装置として利用するのに好適な実施例である。

【0066】即ちこの実施例では、基板のような被処理物6を加熱する加熱手段の一例としてランプヒータ54を設けている。電極支持体46には、このランプヒータ54からの熱を通す複数の穴52を設けている。真空容器2内へはガス12として原料ガスを導入する。

【0067】この実施例によれば、プラズマ20によるTiC14等の原料ガス12の解離および被処理物6への堆積と同時に、被処理物6に負のパルス状のバイアス電圧 V_B を印加して正イオンを照射することが可能であり、これによって、密着性、結晶性、配向性等を制御しながら、被処理物6上に薄膜を堆積させることができる。

【0068】しかも、多孔電極40を有していて、前述したように照射イオンエネルギーの不均一を防止してイオンエネルギーを高精度で制御することができるので、上記膜特性を高精度でしかも再現性良く制御することができる。

【0069】また、SiH4等のように、原料ガス12の種類によっては、プラズマ20中に微粒子が発生し、膜特性に悪影響を及ぼす場合があるけれども、プラズマ生成を周期的にオンオフすることにより、微粒子の成長を抑制できている。従ってこの実施例では、プラズマ生成を周期的にオンオフして微粒子の成長を抑制すると共に、オン期間中に被処理物6に正イオンを照射して上記のような膜特性の制御を行うことができる。

【0070】図10の実施例は、図7の実施例を変形して、プラズマ生成を周期的にオンオフし、オフ期間中に被処理物6に正のパルス状のバイアス電圧 V_B を印加して、被処理物6に負イオンを照射するものである。

【0071】そのためにこの実施例では、上記バイアス電源26中の直流電源28の極性を反対にして、支持体8に支持された被処理物6に正のパルス状のバイアス電圧 V_B を印加するバイアス電源27を、上記バイアス電源26の代わりに設けている。また、上記のようなタイミング制御回路50の代わりに、上記二つのスイッチ4

8およびバイアス電源27内のスイッチ30を、互いに同期させて、しかもスイッチ48のオフ時点から所定の期間内にスイッチ30がオンするというタイミング(時間差)で、周期的にオンオフさせるタイミング制御回路51を設けている。

【0072】図10の実施例における高周波電力RF、プラズマ20中の電子密度NE、負イオン密度NIおよびバイアス電圧VBの時間変化の一例を図11に示す。高周波電力RFのオフに伴ってプラズマ20内の電子密度NEは急速に(5μsec程度で)低下し、1~2eV程度の低エネルギー電子が支配的なプラズマとなる。これに分子あるいは励起分子が付着解離して、負イオンが生成される。電子密度NEは負イオン密度NIと逆比例するかのように急速に減衰し(即ち負イオン密度NIは急速に増大し)、高周波電力RFオフ後、約10μsec以降では、正イオンと負イオンが支配的な特異なプラズマが形成される。負イオン密度NIは、高周波電力RFオフ後約30~40μsecで最大値に達し、その後徐々に減衰し、高周波電力RFオフ後1msec程度でほぼ0になる。

【0073】電子が豊富なプラズマ20のときに被処理物6に正のバイアス電圧VBを印加しても、被処理物6に入射するのは軽く移動度の高い電子が殆どであり、被処理物6に負イオン照射を行うことはできない。ところが、上記のようにプラズマ生成をオンオフすることによって特異なプラズマを形成し、その負イオン密度NIの高い期間内に、具体的には電子密度NEが負イオン密度NIの概ね1/10以下となる期間内に、より具体的には高周波電力RFオフ時点から10μsec後~1msec後の期間内に、被処理物6に正のパルス状のバイアス電圧VBを印加することによって、被処理物6に負イオン照射を行うことができる。そのために、タイミング制御回路51は、スイッチ48のオフから時間t5だけ遅れさせてスイッチ30をオンさせるようにしている。この時間t5は、上記のように10μsec~1msecが好ましく、20μsec~200μsecがより好ましい。後者の方が、被処理物6に対する負イオンの照射量をより増大させることができる。

【0074】しかも、図10の実施例のように多孔電極40を設けておくことにより、前述した理由から、負イオン照射においても、照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大が可能になる。

【0075】上記図10に示した装置や方法は、例えば、①Si基板、SiC基板、SiGe基板等のSiを含む基板に酸素イオンを注入することによって、基板中に埋め込み酸化膜層を形成してSIMOX(Separated by Implanted Oxygen)基板を作製する方法、②またはSi基板、SiC基板、SiGe基板等のSiを含む基板に水素イオンを注入し、その後380°C以上に加熱す

ることによって基板中にボイド(空孔)を形成する方法、等に利用することができる。

【0076】上記②のボイドを形成する方法では、水素イオン注入の代わりにヘリウムイオン注入を行っても良いけれども、ヘリウムは負イオンが生成されないため、ヘリウムイオン注入を行う場合は、図1等に示した正イオンを照射・注入する装置や方法を用いれば良い。

【0077】更に近年はエッティング分野、特に半導体のエッティング分野においても負イオンが注目されている。これは、正イオンによるエッティングに比べて負イオンによるエッティングの方がエッティングレートが数倍高いことが明らかになってきたからである。従ってこのようなエッティング分野における負イオン照射にも、上記図10に示した装置や方法を用いれば好都合である。

【0078】特に近年は、半導体装置の高集積化に伴って、エッティングの難しい高・強誘電体やPt等の電極材料を高速度でエッティングする要求が高まっているが、図10あるいは次の図12の実施例の構成で、C1-、F-等の負イオンを高精度でエネルギー制御して大量に照射することにより、高速度かつ制御性の良いエッティングが可能となる。

【0079】負イオン生成に関しては、他の手段として、プラズマ生成領域と基板(被処理物)との間に多孔電極を設け、これに通電して当該多孔電極面内で100ガウス以下の磁場を形成したり、この多孔電極の電位を0V~-50Vまたは浮遊電位にすることによって、多孔電極と基板との間に1~2eV以下の低エネルギーの電子が豊富なプラズマを生成し、負イオンの生成を効率的にして負イオンが高密度のプラズマを生成する技術が既に提案されている。例えば、"Electron and Ion Energy Control in a Radio Frequency Discharge Plasma with Silane", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997) pp4547-4550 Part1, No. 7B, July 1997 参照。

【0080】図12の実施例は、言わば、図10の実施例に、上記負イオンが高密度のプラズマを生成する技術を組み合わせたものである。

【0081】即ちこの実施例では、前述した多孔電極40の被処理物6とは反対側に第2多孔電極60を多孔電極40から離して設け、この第2多孔電極60に直流電源66から0V~-50Vの直流電圧を印加してバイアスするようにしている。第2多孔電極60は、例えば筒状の絶縁物70によって多孔電極40から離して支持されている。68は絶縁物である。

【0082】この第2多孔電極60も、前述した多孔電極40と同様、多数の小孔を有するものでも良いし、金属細線を格子状またはすだれ状に配置したものでも良い。

【0083】このような第2多孔電極60を設けてこれを上記電位にバイアスしておくと、プラズマ20の生成中に、多孔電極40と第2多孔電極60との間に、1~

(9)

2 eV以下の低エネルギーの電子が豊富なプラズマが生成され、それによって負イオンの生成が効率的になり、負イオンが高密度のプラズマ72が生成される。

【0084】しかも、プラズマ20の生成をオンオフすることによって、前述した理由から（図11の説明参照）、オフ時点から $10\ \mu\text{sec}$ 後～ $1\ \text{msec}$ 後の期間内にプラズマ20および72中の負イオン密度が大きく上昇する。そしてこの期間内にバイアス電源27から正のパルス状のバイアス電圧 V_B を被処理物6に印加することによって、被処理物6に対してより高密度の負イオン照射が可能になる。

【0085】上記第2多孔電極60は、浮遊電位しても良い。また、図13に示す例のように、第2多孔電極60を金属細線64で構成してそれに図示しない直流電源から電流 I_D を流すことによって、当該第2多孔電極60の面内で0ガウスより大かつ100ガウス以下の磁場65を形成するようにしても良い。

【0086】図12に示す技術を、MOCVD（有機金属化学気相成長）法による薄膜形成に用いる場合の実施例を図14に示す。

【0087】半導体装置の分野では、微細化の進展に伴い、キャバシタ材料の高誘電率化が図られている。また、BST（即ち（Ba, Sr）TiO₃）薄膜は、次世代キャバシタ材料の最有力候補として注目されており、段差被覆性の優位性から、MOCVD法での研究が進められている。

【0088】従来の通常のMOCVD法では、基板を500°C程度以上に加熱しなければならず、この基板温度を下げるために、ECRプラズマ（電子サイクロトロン共鳴を利用して生成したプラズマ）で酸素ラジカルや準安定状態の酸素分子を作り、これを基板に入射させることによって基板温度の低温化を図る試みが成されている。

【0089】しかし、このようなECRプラズマで酸素ラジカルを作る方法では、気相中でBa(DPM)₂やSr(DPM)₂等の有機原料（DPMは、ジビラヨイルメタン）が混ざり、これが酸素ラジカルと結合して微粒子が大量に発生して基板上に堆積し、これが膜の結晶性、組成比等を悪化させて、誘電率等の膜特性を低下させる原因になっている。

【0090】これに対して、図14の実施例では、原料ガス供給部76からのBa(DPM)₂、Sr(DPM)₂等の有機金属原料ガス78を、前述した多孔電極40と第2多孔電極60との間の領域に導入するように構成している。74は筒体である。前述したガス供給部10からは、ガス12としてO₂ガス、N₂Oガス等を導入する。その他の構成は図12の実施例と同様である。

【0091】図12の実施例で説明したように、多孔電極40と第2多孔電極60間の領域では電子温度が1～

2 eV以下と低いため、有機金属原料ガス78の解離は抑制される。微粒子は発生するけれども、プラズマ20の生成を周期的にオンオフすることにより、微粒子の成長を抑制し、オフ間に被処理物（例えば基板）6に例えば1kV以下の正のパルス状のバイアス電圧 V_B を印加することによって、被処理物6に負イオンを照射する。これによって、O⁻、O₂⁻等の酸素負イオンが被処理物6に照射され、前述したBST等の膜組成物の酸化が促進されるので、基板温度をより低温化することが可能になる。

【0092】しかも、微粒子は負イオンが高密度なプラズマ72中で負に帯電しているため、成長途上にある（即ち成長前の）微粒子を被処理物6に正バイアス電圧 V_B で引き込み、膜特性上問題となる大きな微粒子の発生・堆積を抑制することができる。

【0093】更に、膜中の炭素系不純物が問題となる場合もあるが、酸素負イオン照射によって炭素をCO_x系ガスとして離脱させることができるので、炭素系不純物低減の効果も期待できる。

【0094】図14の装置や方法は、上記BST薄膜形成以外にも、PZT（チタン酸ジルコニア酸鉛）薄膜、SBT（ビスマスストロンチウムタンタレート）薄膜、酸化物系誘電体薄膜等の形成にも勿論適用することができる。

【0095】ところで、負イオンは正イオンと比較して、電荷の相違だけでなく、生成されるイオン種比率が異なるという点も特徴的である。上述のSIMOX基板の作製もこれを利用しているが、例えばシリコンを含む基板中に水素イオンを注入し、その後380°C以上に加熱することによって基板中にポイド（空孔）を形成する場合、水素正イオンはH₂⁺（分子イオン）、H⁺（原子イオン）等複数種が存在し、このためプラズマイマージョン法のように非質量分離でイオン注入すると、注入深さ方向における注入量の分布では複数のピークが現れてしまう。

【0096】これに対して、水素の負イオンは物理的にH⁻（原子イオン）しか存在しないため、上記図10や図12の実施例を用いて負イオン注入を行えば、注入量分布には単一のピークしか現れず、非常に制御性の良い（即ち高精度の）注入が可能になる。しかも、前述した多孔電極40の作用によって、注入エネルギー（即ち注入深さ）を揃えることも可能になる。

【0097】このような水素負イオン注入を利用して、例えばSi基板中やSi薄膜中のSi未結合手をH原子と結合させることによって、欠陥を修復する、いわゆるパッシベーションの高精度な制御も可能になる。特に近年は、TFT-LCD（薄膜トランジスタ方式液晶ディスプレイ）の製造分野において、多結晶シリコン（p-Si）薄膜の水素系プラズマによるパッシベーションによってリーク電流を低減する研究や、太陽電池セル用の

(10)

多結晶シリコン基板のパッシベーションによって光電変換効率を高める試みが成されているが、このような分野に上記図10や図12の技術を用いれば、水素イオンの注入深さや注入量を高精度で制御することができるため、水素欠陥を高効率で修復することができる。

【0098】前述したバイアス電圧 V_B が印加される支持体8は、例えば図15に示す例のように、被処理物支持部を除く部分を、支持体8との間に間隔(距離L)をあけて、導電性(例えば金属製)で接地電位の遮蔽容器47で覆つておくのが好ましい。この例では、この遮蔽容器47が前述した電極支持体46を兼ねている。

【0099】このような遮蔽容器47を設けていない場合、仮に前述したプラズマ20が生成されていないときに支持体8に高電圧の(例えば10kV以上の)バイアス電圧 V_B が印加された場合、上記数2に示したパッシエンの法則から分かるように、前述した電界が形成されている距離dが非常に大きくなるので、支持体8と真空容器2との間で異常放電が起こり、それによって大电流が流れバイアス電源26、27等を破損する恐れがある。これに対しては、上記のような遮蔽容器47を設けておき、それと支持体8との間の距離Lを、上記数2に示したパッシエンの法則から導き出される距離より十分短くしておくのが好ましい。即ち、上記距離Lを次式で決定される値より十分小さくしておくのが好ましい。例えば、100kVのバイアス電圧 V_B を印加する場合は、上記距離Lを10mm以下に設定しておくのが好ましい。

【0100】

【数4】 $V [1n(pL) + 1n\{A/1n(1+1/\gamma)\}] = BpL$

【0101】上記のようにしておくことによって、支持体8の周辺のプラズマの有無に拘わらず、支持体8と真空容器2との間の異常放電を確実に防止することができる、安全性が向上する。

【0102】また、上記パッシエンの法則から分かるように、圧力の小さい方がより異常放電を起こしにくいので、遮蔽容器47内を局所排気する真空排気手段を更に設けておいても良く、そのようにすれば安全性をより高めることができる。図15の例は、遮蔽容器47に接続した排気配管80およびそれにつながる図示しない真空排気装置によって、上記真空排気手段を構成している。

【0103】なお、プラズマ生成手段は、上記各例に示した例以外のもの、例えば、2枚の高周波電極を用いてプラズマを生成する平行平板型(容量結合型)のプラズマ生成手段、マイクロ波を用いてプラズマを生成するマイクロ波放電型のプラズマ生成手段、フィラメントを用いてプラズマを生成する直流放電型のプラズマ生成手段等を用いても良い。

【0104】

【発明の効果】この発明は、上記のとおり構成されてい

るので、次のような効果を奏する。

【0105】請求項1、2、7および8に記載の発明によれば、プラズマと被処理物との間に形成されるイオンシースの広がりを多孔電極によって抑制することができるので、被処理物に対する照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大が可能になる。

【0106】また、イオンシースの広がりを多孔電極で抑制することができるので、被処理物の周囲に従来例ほどの空間を設けておく必要はなく、その分、装置の占有面積を小さくすることができる。

【0107】請求項3および9に記載の発明によれば、定常状態に移行する前の密度の高い状態のプラズマから正イオンを引き出してそれを被処理物に入射させることができるので、従来の定常的にプラズマを生成する場合に比べて、被処理物に対するイオン照射量を簡単に増大させることができる。

【0108】しかも、定常的にプラズマを生成する場合に比べて、イオンの電離状態が高い高電離イオンの照射を行うことができるので、深い位置へのイオン注入が容易になる。

【0109】請求項4および10に記載の発明によれば、負イオン密度の高いプラズマ状態から負イオンを引き出してそれを被処理物に照射することができる。しかも、多孔電極を用いることによって、負イオン照射においても、照射イオンエネルギーの均一性の向上、イオン照射量の増大および照射イオンエネルギーの上限の拡大が可能になる。

【0110】請求項5、6、11、12および13に記載の発明によれば、多孔電極と第2多孔電極との間において負イオンが高密度のプラズマを生成することと、プラズマ生成のオフ後に負イオン密度が上昇することを併用することができるので、被処理物に対してより高密度の負イオン照射が可能になる。

【0111】請求項14に記載の発明によれば、遮蔽容器を設けることによって、支持体の周辺のプラズマの有無に拘わらず、支持体と真空容器との間の異常放電を確実に防止することができるので、安全性が向上する。

【0112】請求項15に記載の発明によれば、上記遮蔽容器内の圧力を小さくして、支持体と遮蔽容器との間で異常放電がより起こりにくくすることができるので、安全性がより向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る表面処理装置の一例を示す断面図である。

【図2】多孔電極の一例を示す平面図である。

【図3】多孔電極の他の例を示す平面図である。

【図4】多孔電極の他の例を示す平面図である。

【図5】図1の装置の多孔電極の部分を拡大して示す図である。

(11)

【図 6】図 1 の装置におけるバイアス電圧および被処理物に流れる電流の波形の一例を示す図である。

【図 7】この発明に係る表面処理装置の他の例を示す断面図である。

【図 8】図 7 の装置における高周波電力、プラズマ発光強度、プラズマ密度およびバイアス電圧の時間変化の一例を示す図である。

【図 9】この発明に係る表面処理装置の他の例を示す断面図である。

【図 10】この発明に係る表面処理装置の他の例を示す断面図である。

【図 11】図 10 の装置における高周波電力、プラズマ中の電子密度、プラズマ中の負イオン密度およびバイアス電圧の時間変化の一例を示す図である。

【図 12】この発明に係る表面処理装置の他の例を示す断面図である。

【図 13】第 2 多孔電極に電流を流した状態の一例を示す図である。

【図 14】この発明に係る表面処理装置の他の例を示す断面図である。

【図 15】遮蔽容器を局部排気する例を示す断面図である。

る。

【図 16】従来の表面処理装置の一例を示す断面図である。

【図 17】図 16 の装置におけるイオンシースの生成過程を示す図である。

【図 18】図 16 の装置におけるバイアス電圧および被処理物に流れる電流の波形の一例を示す図である。

【符号の説明】

2 真空容器

6 被処理物

8 支持体

10 ガス供給部 (ガス供給手段)

14 高周波コイル (プラズマ生成手段)

16 高周波電源 (プラズマ生成手段)

20 プラズマ

26, 27 バイアス電源

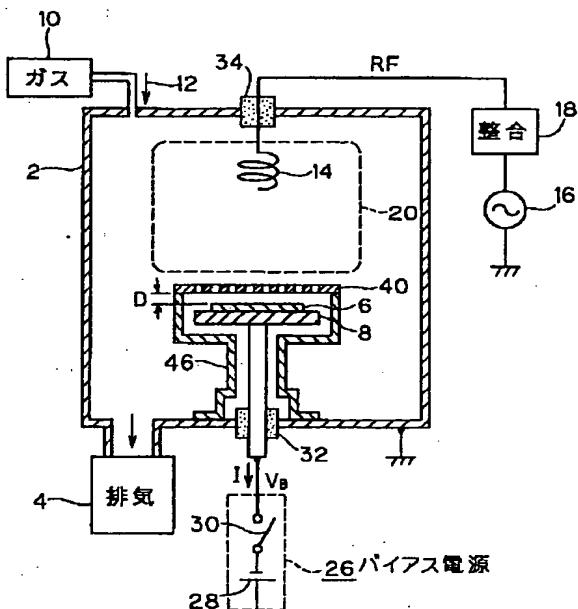
40 多孔電極

48 スイッチ (スイッチング手段)

50, 51 タイミング制御回路 (タイミング制御手段)

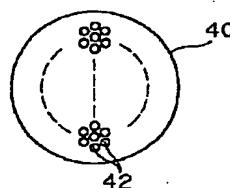
60 第 2 多孔電極

【図 1】

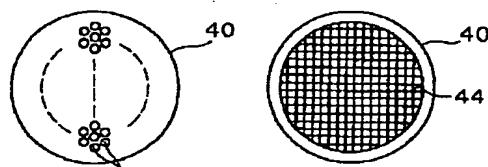


6:被処理物
20:プラズマ
40:多孔電極

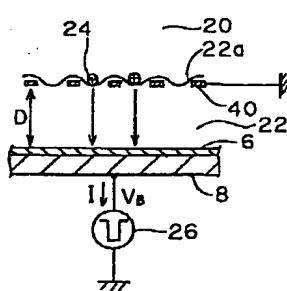
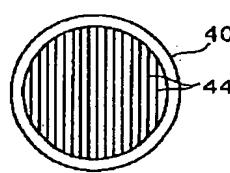
【図 2】



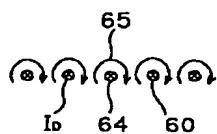
【図 3】



【図 4】

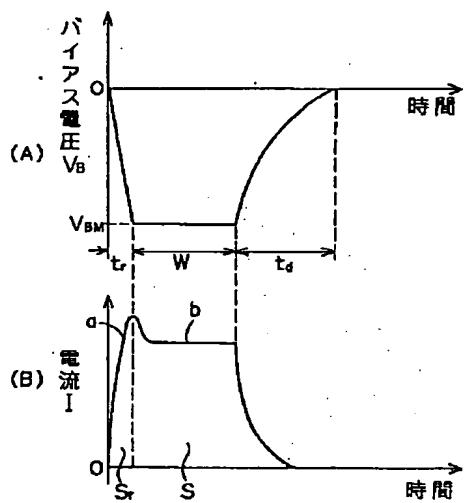


【図 13】

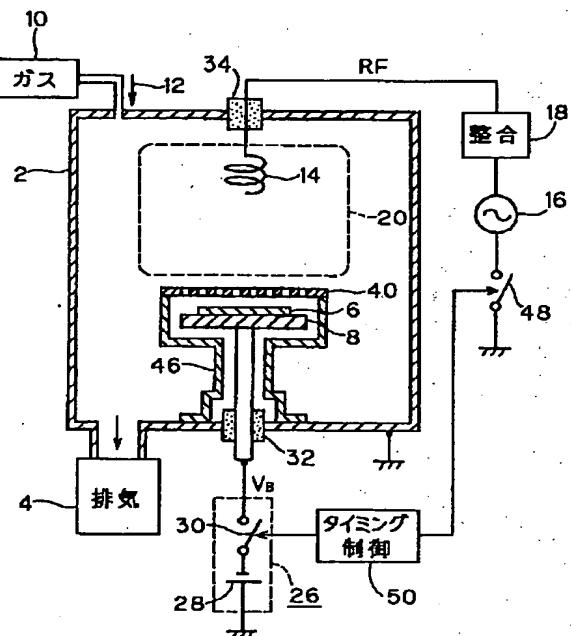


(12)

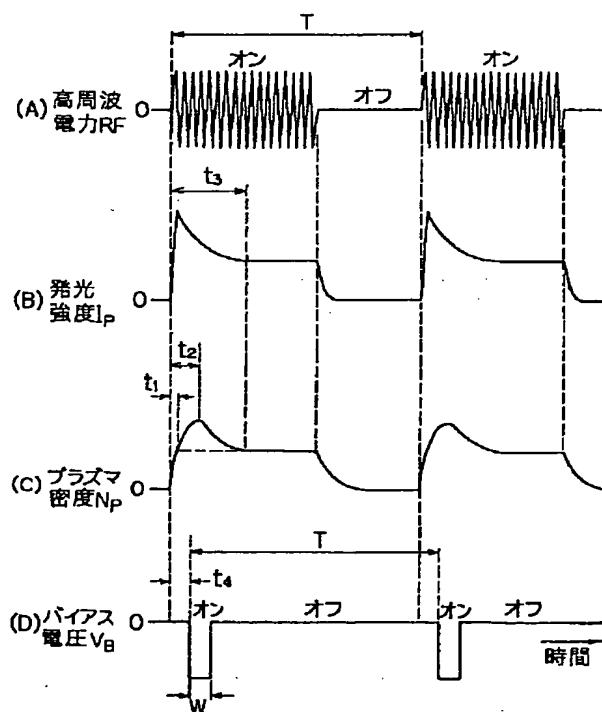
【図6】



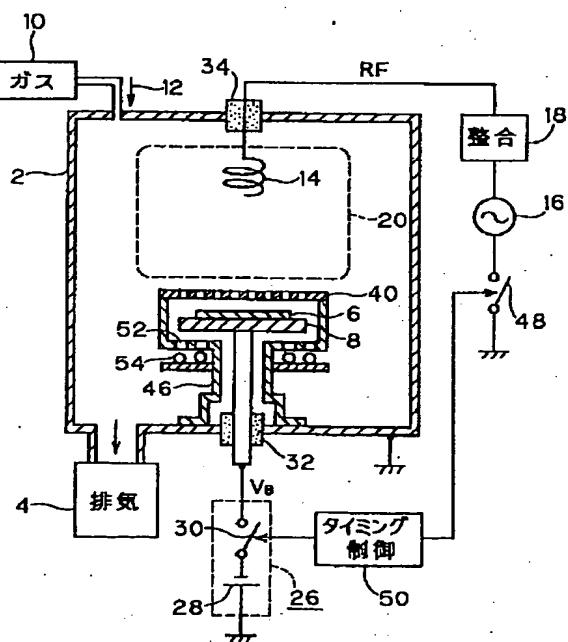
【図7】



【図8】

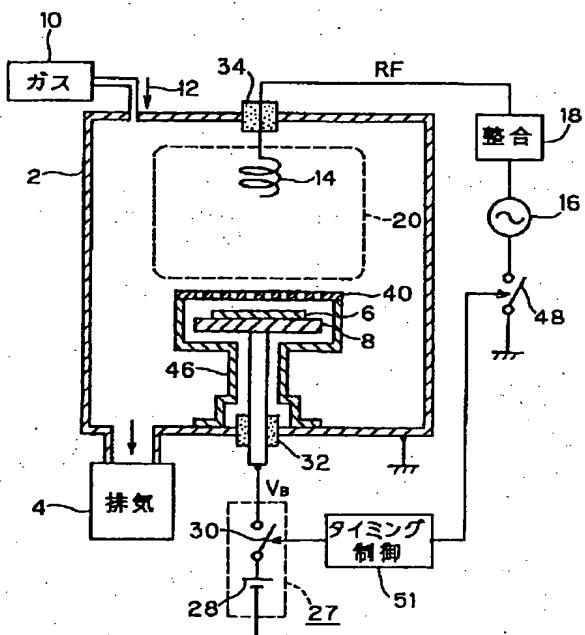


【図9】

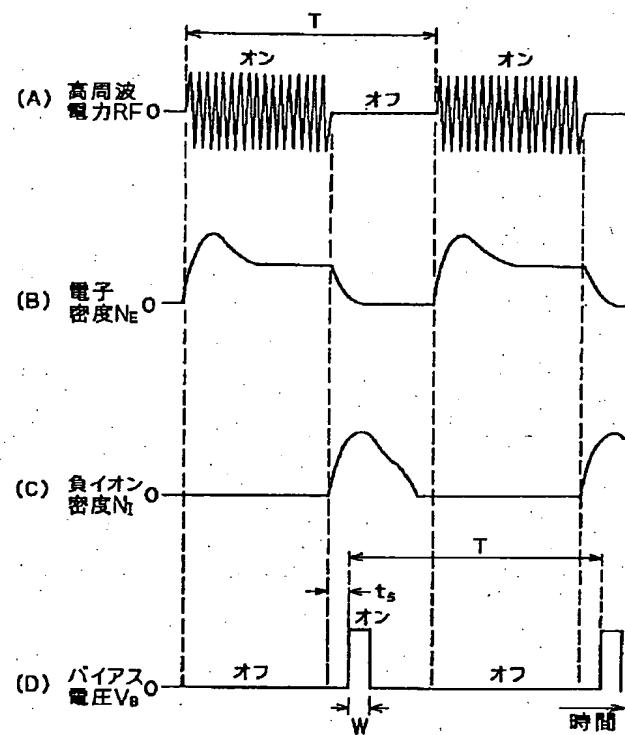


(13)

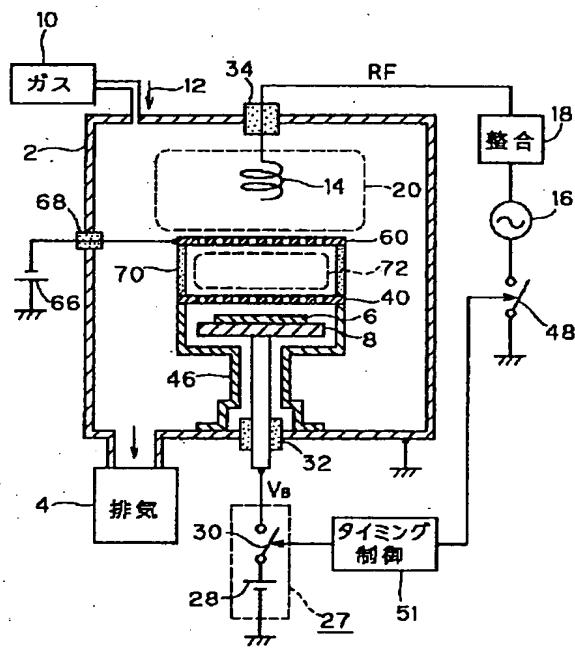
【図10】



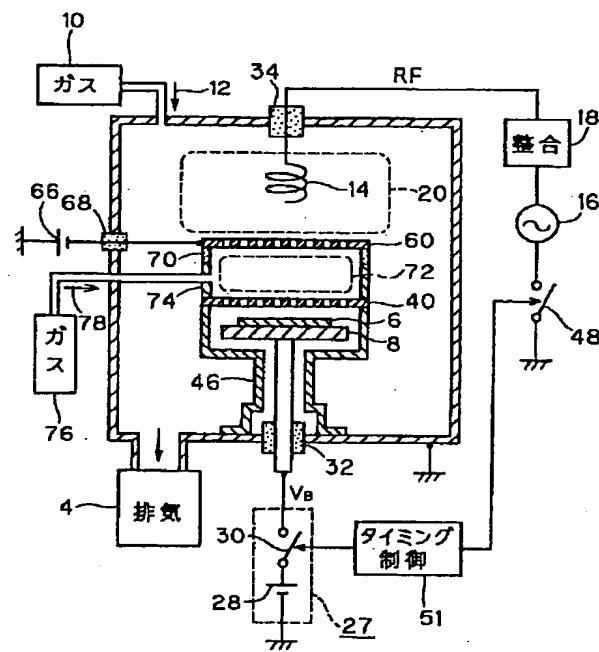
【図11】



【図12】

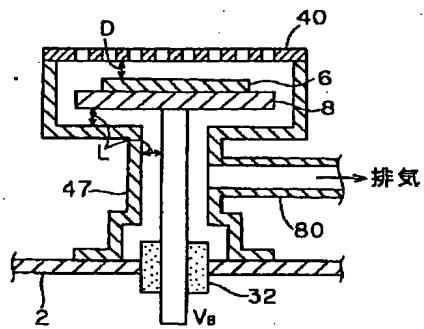


【図14】

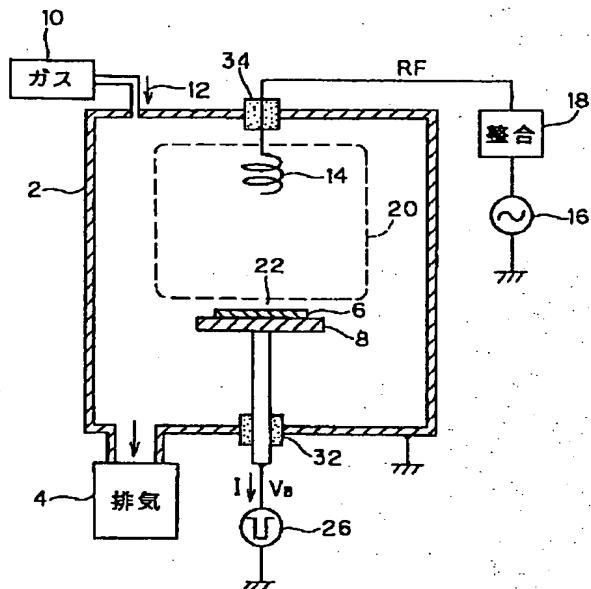


(14)

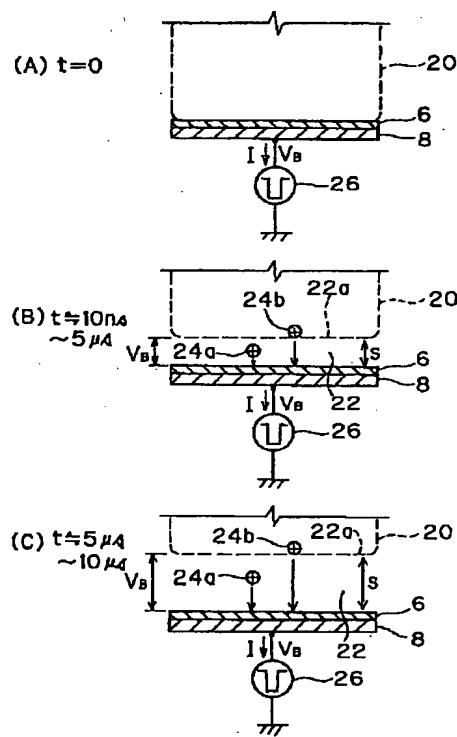
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

